Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
No 61, Volume 16, Issue 1

Check for updates

Research Article

The Effect of High-intensity Functional Training on LRG1 Levels and Its Relationship with Cardiovascular Risk Factors and Atherogenic Indices in Overweight and Obese Women

Javad Nakhzari Khodakheir[1*], Mehdi Zarei[2], Hamid Reza Zolfi[3], Amir Shakib[4]

[1]Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Human Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
[4]Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

***Corresponding author:** Javad Nakhzari Khodakheir, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Human Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: javadnakhzari@uoz.ac.ir.

DOI: 10.32592/nkums.16.1.12

How to Cite this Article:
Nakhzari Khodakheir J, Zarei M, Zolfi H R, Shakib A. The Effect of High-intensity Functional Training on LRG1 Levels and Its Relationship with Cardiovascular Risk Factors and Atherogenic Indices in Overweight and Obese Women. J North Khorasan Univ Med Sci. 2024;16(1):12-20. DOI: 10.32592/nkums.16.1.12

Received: 25 Oct 2023
Accepted: 20 Nov 2023

Keywords:
Atherogenic index
Functional training
LRG1
Obesity

Abstract

Introduction: The present study aimed to investigate the effect of high-intensity functional training on leucine-rich alpha-2 glycoprotein 1(LRG1) levels and its relationship with cardiovascular risk factors and atherogenic indicators in overweight and obese women.

Method: In this semi-experimental study, 19 overweight and obese women were randomly divided into two groups of high-intensity functional training (n=9) and control (n=10). The participants of the training group performed high-intensity functional exercises three times per week for eight weeks. Before and after the intervention, blood samples were taken to measure LRG1 concentration and lipid profile, in addition to the calculation of atherogenic indices. Analysis of covariance test was used to analyze the data.

Results: After eight weeks of high-intensity functional training, LRG1 concentration (P=0.027), plasma atherogenic index (P=0.000), Castelli risk index-I (CRI-I) (P=0.001), and Castelli risk index-II (CRI-II) (P=0.002) were significantly decreased in the experimental group compared to the control group. A positive and significant correlation was observed between changes in LRG1 concentration and changes in body fat percentage (r=0.437, P=0.041), plasma atherogenic index (r=0.512, P=0.025), and CRI-I (r=0.479, P=0.038). A negative and significant correlation was observed between the changes of LRG1 and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) (r =-0.569, P=0.011).
Conclusion: Eight weeks of high-intensity functional training in overweight and obese women is effective in reducing LRG1 and improving cardiovascular risk factors and atherogenic indicators. Therefore, high-intensity functional exercises can be effective as auxiliary exercise interventions in controlling and reducing complications related to overweight and obesity.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

Copyright *© 2024 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح LRG1 و ارتباط آن با عوامل خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق

جواد نخزری خداخیر[۱*]، مهدی زارعی[۲]، حمیدرضا زلفی[۳]، امیر شکیب[۴]

[۱]استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
[۲]استادیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران
[۳]استادیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران
[۴]گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، ایران
[*]**نویسنده مسئول:** جواد نخزری خداخیر، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. ایمیل: javadnakhzari@uoz.ac.ir.

DOI: 10.32592/nkums.16.1.12

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۹

واژگان کلیدی:
تمرینات عملکردی
LRG1
شاخص آتروژنیک
چاقی

چکیده

مقدمه: هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گلیکوپروتئین آلفا-۲ غنی از لوسین ۱ (LRG1) و ارتباط آن با عوامل خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق بود.

روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۱۹ زن دارای اضافه‌وزن و چاق به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین عملکردی با شدت بالا (۹ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرینی ۳ جلسه در هفته به مدت ۸ هفته به اجرای تمرینات عملکردی با شدت بالا پرداختند. قبل و پس از ۸ هفته، نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری غلظت LRG1 و نیم‌رخ لیپیدی گرفته شد و شاخص‌های آتروژنیک محاسبه شد. از آزمون تحلیل کوواریانس و نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: بعد از ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، غلظت LRG1 (P=۰/۰۲۷)، شاخص آتروژنیک پلاسما (P=۰/۰۰۰)، شاخص خطر کاستلی I (CRI-I) (P=۰/۰۰۱) و شاخص خطر کاستلی II (CRI-II) (P=۰/۰۰۲) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین تغییرات غلظت LRG1 و تغییرات درصد چربی بدن (r=۰/۴۳۷، P=۰/۰۴۱)، شاخص آتروژنیک پلاسما (r=۰/۵۱۲، P=۰/۰۲۵) و CRI-I (r=۰/۴۷۹ ، P=۰/۰۳۸) مشاهده شد. هم‌بستگی منفی و معنی‌داری بین تغییرات LRG1 و کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-C) (r= -۰/۵۶۹، P=۰/۰۱۱) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق در کاهش LRG1 و بهبود عوامل خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک مؤثر است؛ ازاین‌رو، تمرینات عملکردی با شدت بالا می‌تواند به‌عنوان مداخلات تمرینی کمکی در کنترل و کاهش عوارض مرتبط با اضافه‌وزن و چاقی مؤثر باشد.

مقدمه

امروزه، چاقی یکی از معضلات بزرگ بهداشت جهانی است و شیوع آن در حال افزایش است. چاقی تجمع بیش از حد بافت چربی در بدن به‌دلیل نبود تعادل طولانی‌مدت بین کالری دریافتی و انرژی مصرفی (بالاتر بودن کالری دریافتی) تعریف می‌شود [۱, ۲]. عوامل مختلفی از جمله عوامل ژنتیکی، غدد درون‌ریز، متابولیکی، رفتاری، روانی و اجتماعی‌فرهنگی در بروز چاقی نقش دارند. چاقی عامل اصلی افزایش شیوع مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو و عوارض مرتبط با آن، از جمله بیماری قلبی‌عروقی و بیماری کبد چرب غیرالکلی است [۳].

اختلال عملکرد بافت چربی نقش مهمی در ایجاد مقاومت به انسولین [۴] که عامل خطر اصلی برای دیابت نوع دو است، بیماری‌های کبد چرب و عوارض قلبی‌عروقی ایفا می‌کند. بافت چربی علاوه بر عملکردی که به‌عنوان اندام اصلی ذخیره انرژی دارد، به‌عنوان اندام غدد درون‌ریز نیز کار می‌کند که واسطه بسیاری از فرایندهای بیولوژیکی، از جمله متابولیسم گلوکز، التهاب و رگ‌زایی است [۴]. تعدادی از مولکول‌های ترشحی در سلول‌های چربی شناسایی شده‌اند و بیان، ترشح و عملکرد این آدیپوکین‌ها با چاقی، مقاومت به انسولین و عوارض قلبی‌عروقی همراه است. بااین‌حال، هویت و عملکرد بسیاری از آدیپوکین‌های دیگر در بیماری‌های متابولیک مرتبط با چاقی تا حد زیادی نامشخص است. گلیکوپروتئین آلفا-۲ غنی از لوسین ۱ (LRG1) عضوی از خانواده پروتئینی حفاظت‌شده است که حاوی دامنه‌های تکرار غنی از لوسین است. علاوه بر تنظیم رگ‌زایی، LRG1 در تعدادی از بیماری‌ها مانند سرطان، سختی شریانی، نارسایی قلبی، پیری و اختلالات التهابی دخیل است. بااین‌حال، عملکرد و مکانیسم‌های عمل LRG1 در متابولیسم ناشناخته باقی مانده است. هنوز، اطلاعات کمی در مورد نقش LRG1

Copyright © 2024 *The Author(s); Published by Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

در شرایط فیزیولوژیکی وجود دارد. بااین‌حال، علاقه محققان به LRG1 در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است؛ زیرا شواهدی مبنی بر مشارکت آن در طیف گسترده‌ای از بیماری‌های انسانی جمع‌آوری شده است [۵]. مطالعات گزارش کرده‌اند که هم‌بستگی مثبتی بین بیان و ترشح LRG1 با چاقی وجود دارد؛ بنابراین، ممکن است که LRG1 به مقاومت به انسولین ناشی از چاقی و اختلال عملکرد متابولیک کمک کند. مطالعات انسانی و حیوانی افزایش سطح LRG1 را در آزمودنی‌های چاق گزارش کرده‌اند [۴]. نشان داده‌اند که سطوح سرمی LRG1 با عوارض دیابت در انسان مرتبط است [۶]. همچنین، LRG1 تا حدی با مهار ژن‌های دخیل در اکسیداسیون اسیدهای چرب و تحریک بیان ژن‌های لیپوژنیک، هپاتوستاتوز را گسترش می‌دهد. LRG1 از طریق ایجاد تداخل بین سلول‌های چربی و سلول‌های کبدی و با تنظیم مجدد لیپوژنز در کبد و سرکوب اکسیداسیون اسیدهای چرب بتا، به هپاتوستاتوز منجر می‌شود. از سوی دیگر، تحقیقات روبه‌رشد نشان داده‌اند که LRG1 به‌طور مثبت، با واسطه‌های التهابی مرتبط است [۵, ۷]. یانگ و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند که سطوح بالای LRG1 با فاکتورهای التهابی و پروتئین واکنش‌پذیر C مرتبط است و از آن می‌توان به‌عنوان عاملی پیش‌بینی‌کننده برای بیماری‌های قلبی‌عروقی استفاده کرد [۸]. این مطالعات پیشنهاد می‌کنند که LRG1 با ایجاد التهاب، در پیشرفت آترواسکلروز دخالت دارد.

با وجود پیشرفت‌های علمی، توسعه پروتکل‌های پیشگیری و مدیریت مؤثر چاقی کمتر موفق بوده است. مداخلات سبک زندگی که برای ترویج کاهش وزن طراحی شده‌اند، شامل تمرینات ورزشی، مداخله غذایی یا ترکیبی از هر دو هستند [۲]. ورزش منظم دارای مزایای سلامتی مثبت بسیاری مانند افزایش مصرف انرژی و کاهش شاخص‌های التهابی است که به مدیریت عوارض چاقی کمک می‌کند [۹, ۱۰]. علی‌رغم اینکه تحقیقات زیادی درباره اثرهای روش‌های تمرینات سنتی در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن انجام گرفته است، یکی از انواع روش‌های تمرینی که به‌تازگی پژوهشگران به آن توجه کرده‌اند، تمرینات عملکردی است. تمرینات عملکردی شامل تمرینات مقاومتی است که از حمایت توده بدن فرد یا وسایلی که حمل آن‌ها آسان است، استفاده می‌کند و شامل تمرینات متنوعی است که می‌توان آن‌ها در مکان‌های مختلف آموزش داد و اجرا کرد [۱۱]. این ویژگی‌ها به‌دلیل حرکات چندمفصلی و چندجهته، به فعالیت‌های روزمره، شغلی و تفریحی افراد نزدیک‌تر است و جایگزین مناسبی برای تمرینات بدنی برای افراد چاق شناخته می‌شود [۱۲]. در طول دوره کاهش وزن، تمرینات عملکردی مقاومتی می‌تواند بافت بدون چربی را حفظ کند یا افزایش دهد و عملکرد بدنی را بهبود بخشد [۱۳]. به‌تازگی، گزارش کرده‌اند که تمرینات عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق مؤثر است و از آن می‌توان به‌عنوان استراتژی بالقوه مفیدی برای مبارزه با چاقی و التهاب استفاده کرد [۱۴].

با توجه به نقش کلیدی LRG1 در تنظیم هموستاز انرژی، پاتوژنز چاقی و گسترش بیماری‌های قلبی‌عروقی، تحقیقات گسترده‌تری لازم است تا بدانیم آیا LRG1 در شرایط فیزیولوژیکی مختلف، از جمله کاهش وزن و فعالیت بدنی، عملکردهای متابولیکی را اعمال می‌کند یا خیر [۴, ۱۵]. مطالعات بسیار کمی تأثیر تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرینات عملکردی را بر سطوح LRG1 و ارتباط آن با عوامل خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک بررسی کرده‌اند. این داده‌ها ممکن است بینش‌های جدیدی را در مطالعات آینده درباره مکانیسم‌های جدید چگونگی تعدیل مسیرهای پایین‌دستی برای درمان چاقی توسط تمرینات ورزشی ارائه دهند؛ ازاین‌رو، هدف از مطالعه حاضر تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر LRG1 و ارتباط آن با عوامل خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق بود.

روش کار

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه تجربی و کنترل بود که در بهار سال ۱۴۰۲ در شهر تبریز انجام گرفت. جامعه آماری مطالعه حاضر شامل زنان سالم و غیرفعال دارای اضافه‌وزن و چاق با شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر مترمربع با دامنه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال بود. معیارهای ورود به تحقیق مبتلا نبودن به بیماری‌های سوخت‌وسازی و قلبی‌عروقی، نداشتن ناهنجاری‌های عضلانی‌اسکلتی و هرگونه سابقه بیماری و عمل جراحی که نتایج تحقیق حاضر را دستخوش تغییر کند، مصرف نکردن هرگونه مکمل و مصرف نکردن منظم داروهای حاوی کافئین به مدت ۶ هفته قبل از شروع و حین اجرای پروتکل تحقیق، نداشتن سابقه شرکت منظم در تمرینات ورزشی در شش ماه گذشته و غیرسیگاری و غیرالکلی بودن بود.

آزمودنی‌های تحقیق حاضر پس از اطلاع‌رسانی و فراخوان در سطح شهر تبریز، از بین داوطلبان شرکت در پژوهش و افرادی که معیارهای ورود به تحقیق را داشتند، انتخاب شدند. در جلسه هماهنگی، تمام هدف‌ها و روش‌های اندازه‌گیری تحقیق برای آزمودنی‌ها تشریح شد و رضایت‌نامه آگاهانه از آزمودنی‌ها گرفته شد. شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد و معاینات پزشکی لازم انجام شد. با توجه به معیارهای ورود به طرح و از بین افراد داوطلب شرکت در طرح، ۲۴ نفر به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G Power و با کمک اندازه اثر متغیرهای مطالعات پیشین، سطح آلفای برابر با ۰/۰۵ و توان برابر با ۰/۸ محاسبه شد. آزمودنی‌ها پرسش‌نامه یادآمد تغذیه‌ای بیست‌وچهارساعته و فرم رضایت‌نامه حضور آگاهانه در طرح، پرسش‌نامه فعالیت بدنی و سبک زندگی PAR-Q و همچنین، پرسش‌نامه سلامتی PARmed-X را تکمیل کردند [۱۶]. آزمودنی‌ها به روش تصادفی ساده به دو گروه تمرین عملکردی با شدت بالا (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. یک هفته قبل از شروع طرح، جلسه آشنایی با برنامه ورزشی برگزار شد. نمونه‌های خونی در دو

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

مرحله، یکی ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره تمرینات ورزشی و دیگری ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، از آزمودنی‌ها گرفته شدند. در طول مطالعه، دو نفر از گروه کنترل و سه نفر از گروه تجربی به‌دلایل شخصی (۴ نفر) و بیماری (۱ نفر) از حضور در طرح انصراف دادند. این مطالعه پس از تأیید کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شماره IR-KHU.KRC.1000.160 و نیز اخذ کد کارآزمایی بالینی به شماره IRCT20220128053844N2 انجام گرفت.

برنامه تمرینی

پروتکل تمرینی عملکردی با شدت بالا را به مدت ۸ هفته و ۳ بار در هفته، گروه تجربی اجرا کردند. پروتکل تمرینی تحقیق حاضر از پروتکل تمرینی پیشنهادی اسمیت و همکاران (۲۰۲۲) گرفته شد [۱۷]. برنامه تمرینی شامل ۴ گروه از حرکات بود که مطابق با جدول ۱ انجام شد. تمرینات با شدت شاخص درک فشار بزرگ‌تر یا مساوی ۷ (در هر گروه، فعالیت توسط شاخص درک فشار کنترل می‌شد. به عبارتی، شاخص درک فشار باید مساوی یا بیشتر از ۷ می‌بود) و ضربان قلب مطابق با آستانه تهویه‌ای دوم فرد اجرا شد و تعیین ضربان قلب تمرین مطابق آستانه تهویه‌ای دوم به روش پروتکل میدانی انجام گرفت. تعیین ضربان قلب تمرین به این صورت بود که فرد در اجرای سی‌دقیقه‌ای تست دوچرخه، می‌بایست یک شدت حداکثر معین یا ضربان قلب بیشینه تمرین را به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه حفظ می‌کرد. بعد از اتمام تست، میانگین ضربان قلب کسب‌شده به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در ۰/۹۵ ضرب شد و ضربان قلب تمرینی یا شدت تمرینی به دست آمد و افراد می‌بایست تمرینات را در محدوده نزدیک به این ضربان قلب اجرا می‌کردند. روال تمرینات به این صورت بود که افراد هر ۴ گروه در هفته اول تا دوم، حرکات تمرینی را اجرا می‌کردند؛ به‌عنوان مثال، افراد گروه اول بعد از اجرای تمرینات، به مدت ۳ دقیقه استراحت می‌کردند و سپس، افراد گروه دوم تمرینات را اجرا می‌کردند و به همین صورت، تا پایان، افراد هر ۴ گروه حرکات تمرینی را اجرا می‌کردند. زمان استراحت بین حرکات تمرینی در هفته‌های اول تا سوم، ۳ دقیقه، در هفته چهارم، ۲/۵ دقیقه، در هفته پنجم تا ششم، ۲ دقیقه و در هفته هفتم تا هشتم، ۱/۵ در نظر گرفته شد (جدول ۱). تمرینات ورزشی هر گروه تمرینی بلافاصله و بدون استراحت پشت سر هم اجرا شد.

به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی، فرایند خون‌گیری پس از ۱۲ ساعت به‌صورت ناشتا و طی دو مرحله، پیش از شروع طرح و پس از اجرای پروتکل، ساعت ۸ صبح در محل آزمایشگاه انجام شد. از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته، ۶ سی‌سی خون گرفته شد. نمونه خونی پس از جمع‌آوری، سانتریفیوژ (شرکت اپندرف، ساخت آلمان) شد و سرم جدا شد و تا زمان اندازه‌گیری، در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. سطوح سرمی LRG1 به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های انسانی (Elabscience, USA) با حساسیت ۰/۳۸

جدول ۱. پروتکل هشت‌هفته‌ای تمرینات عملکردی با شدت بالا

تمرینات هفته اول و دوم	زمان/تکرار	تمرینات هفته سوم به بعد	زمان/تکرار
	گروه اول حرکات		
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
گابلت اسکووات (اسکووات بدون دمبل)	۶ تکرار	گابلت اسکووات (اسکووات با دمبل یا کتل بل)	۶ تکرار
پرس سینه با دمبل	۸ تکرار	پرس سینه با دمبل بیشتر	۸ تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار
	گروه دوم حرکات		
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
گام روی استپ	۶ تکرار	گام روی استپ با دمبل	۶ تکرار
روئینگ تی‌آرایکس	۸ تکرار	روئینگ تی‌آرایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)	شکم چرخشی روسی با مدیسن‌بال	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)
	گروه سوم حرکات		
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
ددلیفت با چوب	۶ تکرار	ددلیفت با چوب	۶ تکرار
پوش پرس با دمبل	۸ تکرار	پوش پرس با دمبل بیشتر	۸ تکرار
پلانک	۲۰ ثانیه	پلانک + پای کوهنوردی	۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار
	گروه چهارم حرکات		
راه رفتن سریع	۳۰ ثانیه	دو نرم	۳۰ ثانیه
لانژ	۶ تکرار	لانژ	۶ تکرار
حرکت جلوبازو تی‌آرایکس	۸ تکرار	حرکت جلوبازو تی‌آرایکس	۸ تکرار
شکم چرخشی روسی	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)	شکم چرخشی روسی با مدیسن‌بال	۱۰ (هر سمت ۵ تکرار)
استراحت بین گروه‌ها	هفته اول تا سوم		۳ دقیقه
	هفته چهارم		۲/۵ دقیقه
	هفته پنجم تا ششم		۲ دقیقه
	هفته هفتم تا هشتم		۱/۵ دقیقه

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

نانوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درون‌سنجی و میان‌سنجی کمتر از درصد اندازه‌گیری شد. کلسترول تام با استفاده از روش‌های آنزیمی (کیت شرکت پارس‌آزمون، تهران، ایران) اندازه‌گیری شد. تری‌گلیسیرید و کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا به روش مستقیم و با دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمیایی (شرکت اپندرف، ساخت آلمان) با استفاده از کیت‌های ساخت پارس‌آزمون (پارس‌آزمون تهران، ایران) اندازه‌گیری شد. کلسترول لیپوپروتئین کم‌چگالی (LDL-C) با استفاده از فرمول فریدوالد محاسبه شد. شاخص آتروژنیک پلاسما با استفاده از فرمول log (TG/HDL-C) محاسبه شد. شاخص خطر کاستلی I (CRI-I) با استفاده از فرمول نسبت کلسترول تام به کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-C) و شاخص خطر کاستلی II (CRI-II) با استفاده از فرمول نسبت LDL-C به HDL-C محاسبه شد.

به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک استفاده شد و پس از تأیید طبیعی بودن توزیع داده‌ها، روش‌های آماری پارامتریک به کار گرفته شد. از آزمون لون برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. برای مقایسه متغیرهای آنتروپومتری و فیزیولوژی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون، از آزمون تی مستقل استفاده شد. برای مقایسه داده‌های دو گروه پس از مداخله، از تحلیل کوواریانس با کنترل پیش‌آزمون و برای بررسی تغییرات درون‌گروهی، از آزمون تی زوجی استفاده شد. برای بررسی ارتباط تغییرات بین شاخص‌ها، از ضریب هم‌بستگی پیرسون استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری $P<0/05$ انجام شد و برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنتروپومتری آزمودنی‌ها قبل و پس از مداخله در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که هیچ اختلاف معناداری در مقادیر پایه متغیرهای آنتروپومتری و فیزیولوژی آزمودنی‌ها بین دو گروه مطالعه وجود ندارد (جدول ۲).

نتایج نشان داد که بعد از ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، غلظت LRG1 در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری، کاهش یافت (P=۰/۰۲۷) (جدول۳ و نمودار ۱). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بعد از ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، شاخص آتروژنیک پلاسما (P=۰/۰۰۰)، CRI-I (P=۰/۰۰۱) و CRI-II (P=۰/۰۰۲) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل، به‌طور معنی‌داری، کاهش یافت. همچنین، غلظت کلسترول (P=۰/۰۰۰)، تری‌گلیسرید (P=۰/۰۰۲) و LDL-C (P=۰/۰۰۱) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل، به‌طور معنی‌داری، کاهش و سطح HDL-C (P=۰/۰۰۲) به‌طور معناداری، افزایش یافت (جدول ۳).

به‌منظور بررسی ارتباط بین تغییرات غلظت LRG1 و تغییرات سایر متغیرها، از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده شد. نتایج نشان داد که هم‌بستگی مثبت و معناداری بین تغییرات غلظت LRG1 و تغییرات درصد چربی بدن (r=۰/۴۳۷، P=۰/۰۴۱)، شاخص آتروژنیک پلاسما (r=۰/۵۱۲ ، P=۰/۰۲۵) و شاخص CRI-I (r=۰/۴۷۹ ، P=۰/۰۳۸) آزمودنی‌ها وجود دارد. همچنین، هم‌بستگی منفی و معنی‌داری بین تغییرات غلظت LRG1 و HDL-C (r= -۰/۵۶۹ ، P=۰/۰۱۱) مشاهده شد.

جدول ۲. مشخصات آنتروپومتری آزمودنی‌ها

	گروه تمرین عملکردی (تعداد =۹ نفر)	گروه کنترل (تعداد= ۱۰ نفر)	مقادیر P
سن (سال)	۳۹/۸۵±۶/۷۴	۴۰/۹۱±۶/۵۲	۰/۷۴۰
قد (متر)	۱/۶۲±۰/۰۷	۱/۶۵±۰/۰۷	۰/۰۹۴
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۶۴±۱۰/۷۰	۸۲/۴۱±۶/۱۲	۰/۹۹۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۱/۲۹±۳/۹۶	۳۰/۷۰±۲/۵۶	۰/۱۰۱
چربی بدن (درصد)	۳۸/۱۱±۳/۸۴	۳۵/۵۳±۳/۹۳	۰/۱۸۳

جدول ۳. مقادیر بیوشیمیایی و آنتروپومتری آزمودنی‌ها در قبل و پس از ۸ هفته

	گروه تمرین عملکردی (تعداد=۹ نفر)			گروه کنترل (تعداد=۱۰ نفر)			
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۴۴±۱۰/۷۰	۷۹/۸۵±۱۳/۲۹#*	۰/۰۲۲	۸۲/۴۱±۶/۱۲	۸۳/۰۰±۵/۸۴	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۱/۲۹±۳/۹۶	۳۰/۰۶±۳/۷۵#*	۰/۰۰۰	۳۰/۷۰±۲/۵۶	۳۰/۹۱±۲/۴۸	۰/۰۸۲	۰/۰۰۰
چربی بدن (٪)	۳۸/۱۱±۳/۸۴	۳۴/۶۰±۳/۹۵#*	۰/۰۰۰	۳۵/۵۳±۳/۹۳	۳۵/۷۵±۳/۹۳	۰/۵۱۷	۰/۰۰۰
کلسترول تام (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۹۷/۲۹±۳۵/۵۷	۱۶۲/۵۷±۱۹/۳۹#*	۰/۰۲۰	۲۲۹/۲۵±۴۴/۴۹	۲۳۰/۸۳±۴۳/۶۶	۰/۲۲۴	۰/۰۰۰

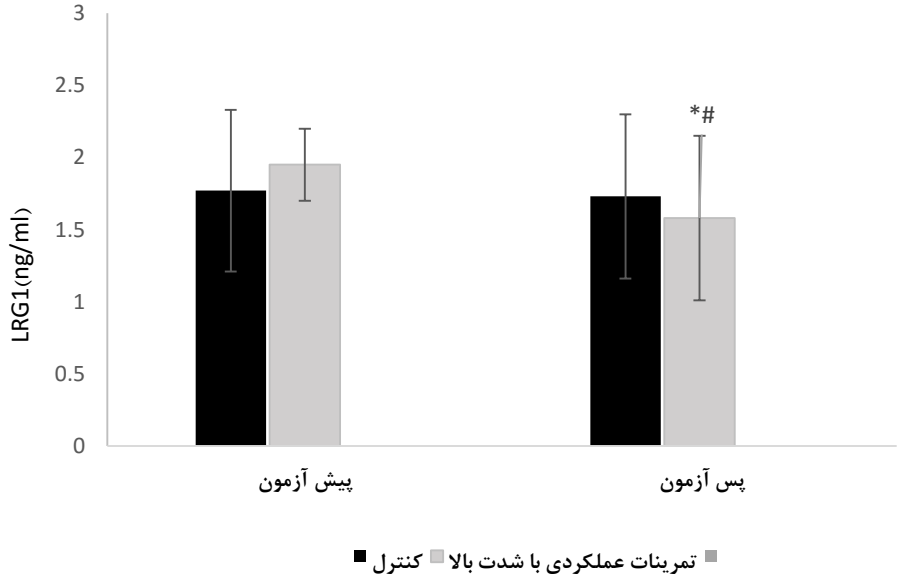
[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

ادامه جدول ۳

تری‌گلیسرید (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۹۸/۷۱±۲۱/۲۱	۱۳۴/۴۳±۲۸/۴۷#*	۰/۰۰۰	۱۷۹/۸۳±۳۸/۲۵	۱۸۷/۷۵±۴۱/۴۱	۰/۵۵۵	۰/۰۰۲
HDL-C (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۴۳/۲۸±۷/۲۹	۴۷/۵۷±۹/۰۱*	۰/۰۹۴	۳۸/۱۶±۴/۷۰	۳۵/۴۱±۳/۱۷	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲
LDL-C (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۱۴/۸۳±۳۸/۲۵	۸۸/۱۱±۲۱/۲۰#*	۰/۰۳۹	۱۵۸/۴۵±۴۲/۶۶	۱۵۷/۸۶±۴۲/۳۴	۰/۷۶۰	۰/۰۰۱
AIP Log (TG/HDLc)	۰/۳۰±۰/۰۹	۰/۹۰±۰/۱۳#*	۰/۰۰۱	۰/۳۰±۰/۱۰	۰/۳۵±۰/۱۱	۰/۱۲۸	۰/۰۰۰
CRI-I (TC/HDLc)	۴/۷۲±۱/۳۴	۳/۵۳±۰/۷۹#*	۰/۰۰۷	۶/۱۱±۱/۴۷	۶/۶۰±۱/۶۲	۰/۰۶۱	۰/۰۰۱
CRII (LDLc/HDLc)	۲/۷۸±۱/۱۸	۱/۹۴±۰/۶۸#*	۰/۰۱۹	۴/۲۳±۱/۳۰	۴/۵۳±۱/۴۸	۰/۱۰۸	۰/۰۰۲
LRG1 (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	۱/۹۵±۰/۲۵	۱/۵۸±۰/۵۷#*	۰/۰۲۹	۱/۷۷±۰/۵۶	۱/۷۳±۰/۵۷	۰/۵۵۸	۰/۰۲۷

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل

تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون



نمودار۱. تغییرات غلظت LRG1 قبل و پس از ۸ هفته

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل (P≤۰/۰۵). # تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون (P≤۰/۰۵)

بحث

مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق به کاهش معنی‌دار شاخص آتروژنیک پلاسما و شاخص‌های خطر قلبی (CRI-I و CRI-II) منجر می‌شود. در خصوص تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر شاخص‌های آتروژنیک، تعداد مطالعات کم است و اکثر مطالعات از سایر تمرینات ورزشی استفاده کرده‌اند. راتایچاک و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی تأثیر ترکیب تمرینات مقاومتی و هوازی بر متابولیسم لیپیدها و خطر آترواسکلروز در زنان چاق پرداختند و کاهش معنادار کلسترول تام، LDL-C و شاخص آتروژنیک پلاسما را گزارش کردند [۱۸]. چانگ و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیر ۱۲ هفته تمرینات هوازی را بر نیم‌رخ لیپیدی و شاخص آتروژنیک در زنان میان‌سال چاق بررسی کردند و افزایش معنادار HDL-C و کاهش معنادار شاخص آتروژنیک پلاسما را گزارش کردند [۱۹]. لیلایی و همکاران (۲۰۲۲)، تأثیر ۸ هفته تمرین ورزشی پمپ بدنی را بر برخی عوامل آتروژنیک در زنان چاق مبتلا به دیس‌لیپیدمی بررسی کردند. در مطالعه فوق، کلسترول تام، تری‌گلیسرید، LDL-C و شاخص آتروژنیک پلاسما به‌طور معناداری، کاهش و HDL-C به‌طور معناداری، افزایش یافت [۲۰]. می‌توان مشاهده کرد که تمرینات مختلف ورزشی در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق در مجموع، به بهبود نیم‌رخ لیپیدی و شاخص‌های آتروژنیک منجر می‌شود. بااین‌حال، با توجه به نوع

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

آزمودنی‌ها، نوع، شدت، مدت و حجم تمرینات، ممکن است نتایج تا حدودی متفاوت باشد.

با توجه به شواهد ارائه‌شده، به نظر می‌رسد که LRG1 نقشی کلیدی در پاتوژنز چاقی داشته باشد. بااین‌حال، برای درک بهتر رابطه آن با سایر عوامل و همچنین، تأثیر نوع، شدت و مدت فعالیت ورزشی در غلظت آن و نقش تنظیمی آن در تعامل با سایر اندام‌ها برای پیشگیری از چاقی، به تحقیقات بیشتری نیاز است. مطالعه حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان چاق و دارای اضافه‌وزن، به کاهش معنادار LRG1 منجر می‌شود. مطالعات بسیار کمی به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی بر LRG1 پرداخته‌اند و تغییرات آن به‌دنبال تمرینات ورزشی را گزارش کرده‌اند. کبد بافت هدف بالقوه عمل LRG1محسوب می‌شود. شواهد روبه‌رشد نشان داده‌اند که LRG1 با ترویج بیوسنتز لیپید و مهار کاتابولیسم اسیدهای چرب، استئاتوز سلولی کبدی را القا می‌کند [۵, ۷]؛ بنابراین، مهار بیان و عملکرد LRG ممکن است استراتژی درمانی مؤثری برای جلوگیری از اختلالات متابولیکی مرتبط با چاقی باشد. در همین راستا، اباذری و همکاران (۲۰۲۳)، به بررسی اثر ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط بر سطوح سرمی LRG1 در موش‌های صحرایی نر مسن ویستار پرداختند و کاهش معنادار سطوح LRG1 را گزارش کردند [۲۱]. در مطالعه حاضر نیز کاهش معنادار LRG1 مشاهده شد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که یکی از بافت‌های ترشح‌کننده LRG1 سلول‌های چربی سفید و قهوه‌ای هستند [۴, ۲۲]. نشان داده شد که سطوح بالای LRG1 در گردش خون که سلول‌های چربی آن را تولید می‌کنند، می‌تواند با عملکرد سلول‌های کبدی تداخل داشته باشد یا آن‌ها را به خطر اندازد و در ایجاد مقاومت به انسولین و استئاتوز کبدی شرکت کند. علاوه بر این، سطوح بالای LRG1 در توده چربی بزرگ‌سالان مبتلا به چاقی مشاهده شده است که با دور کمر و شاخص توده بدنی هم‌بستگی مثبت دارد [۲۳, ۲۴]. در مطالعه حاضر نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تغییرات درصد چربی و غلظت LRG1 مشاهده شد. همچنین، درصد چربی بدن در آزمودنی‌های مطالعه حاضر پس از ۸ هفته تمرینات عملکردی، به‌طور معناداری، کاهش یافت؛ ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که یکی از عوامل کاهش LRG1 در مطالعه حاضر کاهش توده چربی آزمودنی‌ها باشد. علاوه بر این، چندین مطالعه آزمایشگاهی اینترلوکین-۱بتا (IL-1β)، اینترلوکین ۱۷ (IL-17)، عامل نکروز تومور α (TNFα)، اینترلوکین ۴ (IL-4) و اینترلوکین ۱۰ (IL-10) را تنظیم‌کننده‌های LRG1 اضافی در سلول‌های کبدی [۲۵]، سلول‌های اندوتلیال [۲۶] و سلول‌های اپیتلیال برونش [۲۷] توصیف کردند؛ ازاین‌رو، با توجه به نقش تمرینات ورزشی در کاهش التهاب و سایتوکاین‌های پیش‌التهابی فوق، تنظیم کاهشی LRG1 به‌دنبال تمرینات ورزشی دور از انتظار نیست. بااین‌حال، در مطالعه‌ای، بستروم و همکاران (۲۰۱۲)، افزایش نسبی بیان LRG1 را در عضلات نمونه‌های انسانی و حیوانی گزارش کردند [۲۸] که با یافته‌های مطالعه حاضر متفاوت است.

در مطالعه حاضر، تغییرات غلظت LRG1 با تغییرات شاخص‌های آتروژنیک و نیم‌رخ لیپیدی بررسی شد و ارتباط مثبت و معناداری بین تغییرات غلظت LRG1 و درصد چربی بدن، شاخص‌های آتروژنیک پلاسما و CRI-I گزارش شد. همچنین، هم‌بستگی منفی و معناداری بین تغییرات HDL-C و LRG1 گزارش شد. این نتایج پیشنهاد می‌کند که با کاهش LRG1، خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی کاهش می‌یابد. پک و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی ارتباط LRG1 پلاسما و چاقی در شرکت‌کنندگان غربالگری سلامت و کاهش وزن آینده در بیماران چاق پس از جراحی متابولیک و چاقی پرداختند. در مطالعه فوق، LRG1 پلاسما با شاخص توده بدنی، محیط دور کمر و پروتئین واکنش‌پذیر C ارتباط مثبت و با HDL-C ارتباط منفی و معناداری داشت [۲۹]. همچنین، در مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۲۰)، با وجود اینکه هیچ ارتباطی بین LRG1 و وزن و نیم‌رخ لیپیدی در آزمودنی‌های مبتلا به بیماری کلیوی مرحله پایانی وجود نداشت، سطح LRG1 با اینترلوکین-۶ (IL-6) و پروتئین واکنش‌پذیر C (hsCRP) هم‌بستگی مثبت داشت. این مطالعه پیشنهاد کرد که LRG1 با ایجاد التهاب، در پیشرفت آترواسکلروز شرکت می‌کند [۸]؛ ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که یکی از پیامدهای مثبت تمرینات عملکردی در آزمودنی‌های چاق و دارای اضافه‌وزن، کاهش LRG1 و کاهش التهاب باشد.

مطالعه حاضر یکی از معدود مطالعاتی است که تأثیر تمرینات ورزشی را بر سطوح LRG1 بررسی کرده است. در برنامه تمرینی مطالعه حاضر، از تمرینات عملکردی شدت بالا استفاده کردیم. این نوع تمرین که عناصر مختلف آمادگی جسمانی را هدف قرار می‌دهد، بر بهبود عملکرد در فعالیت‌های روزانه زندگی تأکید دارد و منطبق بر الگوهای حرکتی زندگی روزمره است [۳۰]. علاوه بر این، در مطالعه حاضر، سعی شد تأثیر تمرینات ورزشی روی چندین شاخص آتروژنیک، از جمله شاخص آتروژنیک پلاسما و شاخص خطر قلبی کاستلی I و II بررسی شود. اکثر مطالعات پیشین تأثیر تمرینات ورزشی را فقط بر یک شاخص آتروژنیک بررسی کرده‌اند [۱۸-۲۰]. بااین‌حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی بود؛ از جمله عدم کنترل دقیق فعالیت بدنی (خارج از برنامه تمرینی) و رژیم غذایی آزمودنی‌ها که ممکن است بر نتایج مطالعه حاضر اثرگذار باشد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که از تمرینات ورزشی خارج از برنامه پرهیز کنند و رژیم غذایی خود را در طول دوره مداخله تغییر ندهند. همچنین، به‌منظور بررسی دقیق ارتباط بین LRG1 و شاخص‌های قلبی متابولیکی پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، حجم نمونه بیشتری انتخاب شود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق، در کاهش سطح LRG1 و بهبود عوامل

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

خطر قلبی‌عروقی و شاخص‌های آتروژنیک مؤثر است. این یافته‌ها پیشنهاد می‌کند که تمرینات عملکردی با شدت بالا می‌تواند به‌عنوان مداخلات تمرینی کمکی در کنترل و کاهش عوارض مرتبط با اضافه‌وزن و چاقی مؤثر باشد.

سپاسگزاری

از تمامی افرادی که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود. تمام مراحل پژوهش حاضر پس از تأیید کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شماره IR-KHU.KRC.1000.160 و نیز اخذ کد کارآزمایی بالینی به شماره IRCT20220128053844N2 انجام گرفت.

تعارض منافع

نویسندگان در این پژوهش، هیچ‌گونه تعارض منافعی را اعلام نکرده‌اند.

References

1. Archer E, Lavie CJ. Obesity subtyping: the etiology, prevention, and management of acquired versus inherited obese phenotypes. Nutrients. 2022;14(11):2286. DOI: 10.3390/nu14112286 PMID: 35684086
2. Khalafi M, Symonds ME, Ghasemi F, Rosenkranz SK, Rohani H, Sakhaei MH. The effects of exercise training on postprandial glycemia and insulinemia in adults with overweight or obesity and with cardiometabolic disorders: a systematic review and meta-analysis. Diabetes Res Clin Pract. 2023:110741. DOI: 10.1016/j.diabres.2023.110741 PMID: 37276984
3. Marcelin G, Gautier EL, Clément K .Adipose tissue fibrosis in obesity: etiology and challenges. Annu Rev Physiol. 2022;84:135-55. DOI: 10.1146/annurev-physiol-060721-092930 PMID: 34752708
4. He S, Ryu J, Liu J, Luo H, Lv Y, Langlais PR, et al. LRG1 is an adipokine that mediates obesity-induced hepatosteatosis and insulin resistance. J Clin Invest. 2021;131(24):e148545. DOI: 10.1172/JCI148545 PMID: 34730111
5. Camilli C, Hoeh AE, De Rossi G, Moss SE, Greenwood J. LRG1: an emerging player in disease pathogenesis. J Biomed Sci. 2022;29(1):1-29. DOI: 10.1186/s12929-022-00790-6 PMID: 35062948
6. Zhou Y, Zhang X, Zhang J, Fang J, Ge Z, Li X. LRG1 promotes proliferation and inhibits apoptosis in colorectal cancer cells via RUNX1 activation. PloS One. 2017;12(4):e0175122. DOI: 10.1371/journal.pone.0175122 PMID: 28376129
7. De Rossi G, Da Vitoria Lobo ME, Greenwood J, Moss SE. LRG1 as a novel therapeutic target in eye disease. Eye. 2022; 36(2):328-340. DOI: 10.1038/s41433-021-01807-4 PMID: 34987199
8. Yang FJ, Hsieh CY, Shu KH, Chen IY, Pan SY, Chuang YF, et al. Plasma leucine-rich α-2-glycoprotein 1 predicts cardiovascular disease risk in end-stage renal disease. Sci Rep. 2020;10(1):5988. DOI: 10.1038/s41598-020-62989-7 PMID: 32249825
9. Chen PB, Yang JS, Park Y. Adaptations of skeletal muscle mitochondria to obesity, exercise, and polyunsaturated fatty acids. Lipids. 2018;53(3):271-8. DOI: 10.1038/s41598-020-62989-7 PMID: 32249825
10. You T, Arsenis NC, Disanzo BL, LaMonte MJ. Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity: current evidence and potential mechanisms. Sports Med. 2013;43:243-56. DOI: 10.1007/s40279-013-0023-3 PMID: 23494259
11. Noori F, Eskandari Z, Shiri Shahsavar MR, Yousefi E. The effect of caloric restriction along with functional training and acidic and alkaline diet on body composition, lipid concentration and C-reactive protein in overweight adults. Appl Biol. 2022;12(48):81-102.
12. Westphal G, Baruki SBS, de Mori TA, de Lima Montebelo MI, Pazzianotto-Forti EM. Effects of individualized functional training on the physical fitness of women with obesity. Lecturas: Educación Física y Deportes. 2020; 25(268):61-75. DOI: 10.46642/efd.v25i268.2084
13. La Scala Teixeira CV, Caranti DA, Oyama LM, Padovani RdC, Cuesta MGS, Moraes AdS, et al. Effects of functional training and 2 interdisciplinary interventions on maximal oxygen uptake and weight loss of women with obesity: a randomized clinical trial. Appl Physiol Nutr Metab. 2020;45(7):777-83. DOI: 10.1139/apnm-2019-0766 PMID: 31971832
14. Posnakidis G, Aphamis G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, et al. High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. J Strength Cond Res. 2022;36(3):615-23. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003516 PMID: 32108722
15. MacCannell A, Futers S, Moran A, Whitehead A, Roberts L. Lrg1 is a Driver of Brown Adipose Tissue Dysfunction in Obesity. FASEB J. 2021;35. DOI: 10.1096/fasebj.2021.35.S1.00285
16. Gibson AL, Wagner D, Heyward V. Advanced fitness assessment and exercise prescription, 8E: Human kinetics; 2019.
17. Smith L, Van Guilder G, Dalleck L, Harris N. The effects of high-intensity functional training on cardiometabolic risk factors and exercise enjoyment in men and women with metabolic syndrome: study protocol for a randomized, 12-week, dose-response trial. Trials. 2022;23(1):182. DOI: 10.1186/s13063-022-06100-7 PMID: 35232475
18. Ratajczak M, Skrypnik D, Bogdański P, Mądry E, Walkowiak J, Szulińska M, et al. Effects of endurance and endurance–strength training on endothelial function in women with obesity: A randomized trial. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(21):4291. DOI: 10.3390/ijerph16214291 PMID: 31694237
19. Chung J, Kim K, Hong J, Kong HJ. Effects of prolonged exercise versus multiple short exercise sessions on risk for metabolic syndrome and the atherogenic index in middle-aged obese women: a randomised controlled trial. BMC Women's Health. 2017;17:1-9. DOI: 10.1186/s12905-017-0421-z PMID: 28830404
20. Lailaei A, Vafaei M, Abedi B. The Effect of eight weeks of incremental pump body training on some atherogenic factors in obese women with dyslipidemia. Dis Diagn. 2022;11(3):116-21. DOI: 10.34172/ddj.2022.22
21. Abazari O, Shakibaee A, Shahriary A, Arabzadeh E, Hofmeister M. Hepatoprotective effects of moderate-intensity interval training along with ginger juice in an old male rat model. Pflügers Archiv. 2023;475(4):437-52. DOI: 10.1007/s00424-023-02787-y PMID: 36692542
22. Zhang J, Ahn J, Suh Y, Hwang S, Davis ME, Lee K. Identification of CTLA2A, DEFB29, WFDC15B, SERPINA1F and MUP19 as novel tissue-specific secretory factors in mouse. PLoS One. 2015;10(5):e0124962. DOI: 10.1371/journal.pone.0124962 PMID: 25946105
23. Alhammad R, Abu-Farha M, Hammad MM, Thanaraj TA, Channanath A, Alam-Eldin N, et al. Increased LRG1 Levels in overweight and obese adolescents and its association with obesity markers, including leptin, chemerin ,and high sensitivity c-reactive protein. Int J Mol Sci. 2022;23(15):8564. DOI: 10.3390/ijms23158564 PMID: 35955698
24. Hong Q, Zhang L, Fu J, Verghese DA, Chauhan K, Nadkarni GN, et al. LRG1 promotes diabetic kidney disease progression by enhancing TGF-β–induced angiogenesis. J Am Soc Nephrol. 2019;30(4):546. DOI: 10.1681/ASN.2018060599 PMID: 30858225
25. Naka T, Fujimoto M. LRG is a novel inflammatory marker clinically useful for the evaluation of disease activity in rheumatoid arthritis and inflammatory bowel disease. Immunol Med. 2018;41(2):62-7. DOI: 10.1080/13497413.2018.1481582 PMID: 30938267

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]

26. Wang Y, Xu J, Zhang X, Wang C, Huang Y, Dai K, et al. TNF-α-induced LRG1 promotes angiogenesis and mesenchymal stem cell migration in the subchondral bone during osteoarthritis. Cell Death Dis. 2017;8(3):e2715. DOI: 10.1038/cddis.2017.129 PMID: 28358372
27. Honda H, Fujimoto M, Miyamoto S, Ishikawa N, Serada S, Hattori N, et al. Sputum leucine-rich alpha-2 glycoprotein as a marker of airway inflammation in asthma. PLoS One. 2016;11(9):e0162672. DOI: 10.1371/journal.pone.0162672 PMID: 27611322
28. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L ,Lo JC, et al. A PGC1-α-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. Nature. 2012;481(7382):463-8. DOI: 10.1038/nature10777 PMID: 22237023
29. Pek SLT, Cheng AKS, Lin MX, Wong MS, Chan EZL, Moh AMC, et al. Association of circulating proinflammatory marker, leucine-rich-α2-glycoprotein (LRG1), following metabolic/bariatric surgery. Diabetes Metab Res Rev. 2018;34(7):e3029. DOI: 10.1002/dmrr.3029 PMID: 29883055
30. Feito Y, Patel P, Sal Redondo A, Heinrich KM. Effects of eight weeks of high intensity functional training on glucose control and body composition among overweight and obese adults. Sports. 2019;7(2):51. DOI: 10.3390/sports7020051 PMID: 30813279

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2025-06-02]